

Entwicklungstendenzen zu Techniken der Zukunft – und Folgerungen für Wahl von Studium und Beruf –

Duddeck, Heinz

Veröffentlicht in:
Abhandlungen der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft Band 64, 2011,
S.23-35



J. Cramer Verlag, Braunschweig

Entwicklungstendenzen zu Techniken der Zukunft – und Folgerungen für Wahl von Studium und Beruf –*

HEINZ DUDDECK

Greifswaldstr. 38, D-38124 Braunschweig

1. Zum Thema

Als im Jahre 1936 die heute 86-jährigen Großeltern erst 10 Jahre alt sind:

- Da kann man wohl erstmalig einen Flug nach New York buchen, doch nur mit dem Zeppelin (und nur für Reiche). Linienverkehr mit dem Flugzeug über den Atlantik gibt es erst ab 1939.
- Eisenbahnloks sind meist noch riesige Dampfmaschinen mit qualmenden Kohleschlotten.
- Zu den Olympischen Spielen gibt es die ersten Fernsehprogramme, doch nur in Schwarz-Weiß und nur in 15 öffentlichen Fernsehstellen in Berlin. Einzige Telekommunikationstechnik ist das Telefon. Für Musik gibt es nur Analog-Schallplatten mit Rillen in Kunststoff.
- Ingenieure rechnen noch vorwiegend mit logarithmischen Rechenschiebern und mit mechanischen Kurbelmaschinen. Konrad Zuse beginnt gerade an seinem Rechner zu basteln, dem ersten der Welt, mit 2.200 elektronischen Relais.
- Roboter, das ist 1936 ein künstlicher Mensch in Science Fiction (den Begriff prägt Karel Čapek 1920) oder ein Kuriosum auf Jahrmärkten. Maschinenbauer entwickeln erst viele Jahre später 1959 Industrieroboter für die Produktionstechnik.

Technik: Das ist 1936 im Film „Moderne Zeiten“ Charley Chaplin, ausgeliefert dem Räderwerk einer riesigen Maschine. Die Technik bestimmen weitgehend allein die Ingenieure. Das Vertrauen in den technischen Fortschritt ist groß. Die Weltausstellung in Chicago 1930 hat das Motto: „Wissenschaft forscht, Technik führt aus, der Mensch gehorcht“. Für uns heute ein sehr naives Technikverständnis.

* (Eingegangen 22.02.2012). Der Beitrag ist bereits erschienen im Sammelband der Interdisziplinären Arbeitsgruppe (IAG) an der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften zum Thema Zukunft der MINT-Bildung und -Berufe.

Und die 10-jährigen heute? Die wachsen in eine radikal andere Welt der Technik hinein. Nicht nur Auto, ICE und Flugzeug sind selbstverständlich, sondern auch das immer dichter werdende Netz der Telekommunikation, das Informationen, Wort und Bild und Musik an jedem Ort der Erde verfügbar macht. Fabriken und Prozessanlagen arbeiten weitgehend voll automatisiert. Computer berechnen Satellitenbahnen, Wetter- und Klimavoraussagen. Wissenschaftliche Erkenntnisse (insbesondere in Physik, Chemie, Biologie) sind ohne komplizierten technischen Aufwand kaum noch möglich. Statt der Technikeuphorie vor 80 Jahren wird nun jedoch Technik eher skeptisch hinterfragt, ob sie so, wie sie sich entwickelt, auch sinnvoll und zukunftsfähig sei.

Welchen Wandel der Technik wird ein heute 10-jähriger in seinen Lebensjahren erfahren? Eine beschleunigte Entwicklung in neue und andere Techniken? Wenn er Ingenieur werden will: Wie muss seine Ausbildung sein, um sich auf seine Berufsjahre mit wechselnden Tätigkeiten vorzubereiten? Wenn er nicht Ingenieur werden will und wenn Technik in Zukunft nahezu alle Berufsfelder entscheidend mitbestimmen wird, muss er nicht dennoch viel von der Technik von morgen verstehen, um in seinem Nichttechnik-Beruf zu bestehen? Müssen nicht auch unabhängig von der Berufswelt sie und er in ihren Bildungswegen begreifen, dass Technik unsere Kultur noch stärker als bisher prägen wird? Müssen daher alle lernen, mit Technik sinnvoll umzugehen, „technikmündig“ zu werden?

Lassen sich schon heute Tendenzen ausmachen, wie die Welt der Technik morgen sein wird? „Zukunft ist Herkunft“, sagt Martin Heidegger. Also müssten wir – auf Technik übertragen – versuchen, aus Gegenwärtigem in die Zukunft zu extrapolieren. Doch dann verfehlt man all das, was zukünftig so neu ist, dass es keine Anfänge im Heute hat. Die Vieldeutigkeit der Zukunft ist unvermeidbar. Sie ist schon deshalb kontingent (zufällig), weil auch unsere Auswahlentscheidungen und nicht nur neue Erfindungen andere Zukunftsszenarien eröffnen (Ortwin Renn). „Zukunftsbilder kommen nicht aus der Immanenz der Gegenwart heraus.“ (Armin Grunwald). Nur mit diesen Einschränkungen kann man über zukünftige Entwicklungen in der Technik reden. Vielleicht lassen sich zumindest generelle Tendenzen ausmachen.

2. Technikperioden

Ein kurzer Rückblick auf die Rolle der Technik in der Kulturentwicklung mag hilfreich sein, langfristige – und damit vielleicht auch zukünftige – Entwicklungsphasen zu verdeutlichen. Selbst Historiker benennen erste Kulturen nach Techniken: Die Steinzeit der Stein- und Knochenwerkzeuge, die Zeit der Schnur- und Bandkeramik, die Bronze- und die Eisenzeit. Die antiken Hochkulturen beherrschen die „techné“ des Bauens von Palästen, Tempeln, Schiffen, Brü-

cken, die des Acker- und Wasserbaus, der Herstellung von Kunstwerken in höchster Vollendung. Technik entwickelt sich noch bis zum Bau gotischer Kathedralen, bis zur Renaissance, aus einfachen meist handwerklichen Anfängen durch immer neu hinzukommendes Erfahrungs- und Erprobungswissen. Auch bei den so erfindungsreichen Chinesen.

Mit Francis Bacon (1561–1626), René Descartes (1596–1650) und anderen beginnt eine neue Periode. Wenn man die Erfahrungen und das Verstehen von Naturverhalten systematisch sammelt, müsste man dies zum Nutzen des Menschen in Technik umsetzen können. Doch es dauert noch nahezu 200 Jahre bis nach dem Vorbild des inzwischen entwickelten naturwissenschaftlichen Denkens auch Wissenschaften der Technik entstehen, zuerst in der École Polytechnique in Paris (gegründet 1795). Diese Technikwissenschaften fragen jedoch noch sehr lange nur danach, warum die Erfindungen so gut funktionieren, wie man sie verbessern, optimieren könne. James Watt baut seine Dampfmaschine ohne Kenntnis der Hauptsätze der Thermodynamik. Otto Lilienthal macht seine Gleitflüge ohne Kenntnis aerodynamischer Differentialgleichungen. Die Eisenbahn, das Auto, Maschinen und Brücken, selbst das Flugzeug werden weitgehend ohne Wissenschaft entwickelt. Seit die Technischen Hochschulen jedoch vor ca. 120 Jahren beginnen, wissenschaftliche Methoden anzuwenden, gibt es rasante Beschleunigungen: von der Dampflokomotive zum ICE, vom Doppeldecker zum Airbus, von der Benz-Kutsche zum Porsche, vom Bell-Telefon zum Handy.

Erst vor wenigen Jahren beginnt eine weitere spezifische Technikperiode. Die Priorität hat sich umgekehrt. Die Wissenschaften, weniger die Erfinder und Knobler, entwickeln neue Techniken. Die kommen sowohl aus den Technikwissenschaften selbst (Mikrotechnik und Robotik sind Beispiele), als auch von den anderen Wissenschaften, z.B. der Physik und Chemie. Hier suchen naturwissenschaftliche Erkenntnisse, meist aus zweckfreier Neugier erfunden, nachträglich den technischen Zweck, z.B. Lasertechnik. Neue Techniken entstehen auch dadurch, dass die anderen Wissenschaften erst dann Entwicklungssprünge machen können, wenn fachspezifische Techniken dabei helfen (Weltraumforschung, die Gentechnik, die Medizintechnik). In diesen wechselseitigen Bedingtheiten werden Tendenzen sichtbar, die die Technik von morgen wahrscheinlich stark bestimmen werden, somit auch das Spektrum der Wahlangebote von Berufsfeldern.

3. Grundsätzliche Entwicklungstendenzen

Aus der Vielfalt der in die Zukunft hinausweisenden Aspekte seien hier nur vier generelle Tendenzen genannt, die die Technik des 21. Jahrhunderts vermutlich prägen werden.

1. Technik als Teil der kulturellen Evolution durchdringt und verändert immer stärker alle Lebensbereiche. Nicht nur Wissenschaft und Technik sind in unverzichtbare gegenseitige Abhängigkeiten hineingewachsen. Auch die Gesellschaft, im privaten Leben wie in der Berufswelt, in den politisch-öffentlichen Handlungen wie in der Infrastruktur, wird zunehmend zur technisch-wissenschaftlichen „Wissensgesellschaft“. Dazu trägt bei, dass diese Technik eine ganz andere ist als die traditionelle. Ein hochtechnisierter Landwirt ist längst schon kein Bauer mehr: Er muss selbstverständlich Pflanzenchemie und Biotechnik, den ganzen Maschinenpark von der Melkmaschine bis zur Düngerdosierung beherrschen. Die Informationstechnologie ist ein weiteres Beispiel: Sie fördert nicht nur Kommunikation und Nachfragewissen, sondern führt auch zu anderen Denk- und Handelsweisen [u. a. 1]. Außerdem wird immer weniger unterscheidbar, was technischer, was gesellschaftlicher Wandel ist. In der tradierten Denkweise von speziellen Disziplinen heißt dies, dass die Multidisziplinarität nicht nur in den Wissenschaften, sondern auch in der gesamten Gesellschaft zunimmt. Die zugehörigen Fachgebiets- und Berufsbezeichnungen lassen sich kaum noch in Schubkästen abgrenzen.
2. In einer stärker technisch-wissenschaftlich geprägten Gesellschaft wird Technik sicherlich noch mehr von den Wertpräferenzen bestimmt werden. Technik war nie wertfrei oder wertneutral. In den vergangenen Jahrhunderten der Fortschrittseuphorie hatten jedoch die Ingenieure bestimmt, was zur „Befreiung des Menschen von den Fesseln der Natur“ beiträgt. Heute – und noch mehr in der Zukunft – hat Technik sich zu rechtfertigen. Sie unterliegt dem Verantwortungsgebot. Dabei ist die Akzeptanz in der Gesellschaft recht unterschiedlich. Es gibt kaum Widerstand gegen Technik, die die persönliche Lebensqualität fördert (Handy, Computer, Gesundheitstechnik). Doch gegen öffentliche Großprojekte wird – insbesondere in den hoch entwickelten Ländern – oft heftig protestiert: Straßen- und Bahnbau, Flugplatz-Startbahnen, Stromleitungen, Bahnhof Stuttgart 21, Kernenergie. Daraus könnte man – etwas überspitzt – den Schluss ziehen, dass die Wissensgesellschaft doch eher eine Wertegesellschaft ist. Die sich jeweils durchsetzenden Werte unterliegen sicherlich ebenfalls einer „Beschleunigung des Wirklichkeitswandels“ [2]. Absehbar ist ein Trend zu noch mehr Skepsis gegen ein Zuviel an Technik der bisherigen Art. Vielleicht gibt es – noch etwas verdeckt – eine Sehnsucht nach einer nicht mehr exponentiell wachsenden, sondern nach einer ins Gleichgewicht einschwingenden Technik der Zukunft (was immer dies ist).
3. Zu diesem Wertewandel gehört das wachsende, zum Handeln zwingende Bewusstsein, dass der Mensch Klima und Umwelt fragiler macht, dass die Ressourcen der Erde erschöpfbar sind, dass es zu viele Menschen auf diesem

Planeten gibt. „Sustainable Development“ war schon 1987 die Forderung von Gro Brundtland. Das 21. Jahrhundert wird die dazu erforderliche Technik entwickeln müssen. Nicht größer, höher, schneller ist die Devise, sondern einfacher, haltbarer, zuverlässiger, weniger Energie und weniger Material verbrauchend. Neben dem Erzeugen von Produkten, des Betreibens von Systemen wird ein größerer Anteil der Technik auf den Schutz der Lebenswelt, der Biosphäre zielen, auf Substitution und Recycling von Stoffen, auf Energieeinsparungen. Daher ist in Zukunft eher noch mehr und weit komplexere Technik erforderlich, deren Entwicklung noch multidisziplinär sein wird. Erfahrungen – wie die mit der Kernkraft – werden hoffentlich dazu führen, dass wir nur das entwickeln, was wir auch gelassen beherrschen können, was weniger Ängste erzeugt.

4. Eine bereits weitentwickelte Technik, die Zukunftspotentiale hat, ist die Technik der kleinsten Dimensionen. Die klassischen Technikprodukte hatten meist (im doppelten Sinn) be-greifbare Größen menschlicher Maßstäbe. Dagegen agieren die physikalische materielle Welt des Kosmos und die subatomare Quantenphysik in Größenordnungen, die für den Menschen nicht sinnlich erfahrbar sind. Erst 2 Millionen Atome aneinandergereiht ergeben 1 mm. Auch mikrobiologisches Leben hat diese Dimensionen: 100 menschliche Zellen aneinandergereiht ergeben 1 mm, in jeder Körperzelle 46 Chromosomen und in jedem Zellkern ca. 50.000 Gene. Diese Kleinheit geht über unsere Vorstellungskraft. Doch die neuen Techniken erobern sich diese Dimensionen mit Hilfe von Physik und Biologie für neue Anwendungen. Hierzu gehören Nanotechnik, Mikromechanik und -fluidik, Mikrooptik, Sensorik, Polytronik [3]. Sie sind integrativ multi-disziplinär.

Diese absehbaren Entwicklungen zu wachsender Multidisziplinarität und stärkerer Interdependenz von Wissenschaft und Gesellschaft fordern darauf vorbereitende Bildungs- und Ausbildungswege. Uns und kommenden Generationen sollte ja schließlich Zukunft gelingen. Die traditionellen Inhalte und didaktischen Konzepte in Schule und Studium brauchen Ergänzungen, die Naturwissenschaften und Technik gerecht werden. Dass Mathematik unerlässliches Bildungsgut ist, wusste schon Platon.

4. Multidisziplinäre Zukunftstechniken

Fasst man die Technisierung der Gesellschaft (sowie nahezu aller Wissenschaften und deren Berufsfelder) als eine neue Phase der Technikentfaltung auf (s. Kap. 2), dann sind die multidisziplinären Bindestrich-Techniken hierfür charakteristische Beispiele, obwohl ihre Entwicklung ein schon seit einigen Jahrzehnten andauernder Prozess ist. Die daran beteiligten Partner sind so stark integriert, dass sich nicht unterscheiden lässt, ob z.B. die Medizintechnik eine

technische oder eine medizinische Disziplin ist. Bei den nachfolgenden Beispielen ist die Darlegung bewusst etwas intensiv, um damit auch die zunehmende Komplexität zukünftiger Techniken aufzuzeigen.

4.1 Medizintechnik [4]

Schon heute erlebt der Patient nicht nur bei Operation und Therapie in Intensivstationen des Krankenhauses und in Fachpraxen, sondern bereits bei der Diagnostik des Hausarztes eine spezielle medizinische Technik, die so komplex ist, dass der Arzt wohl die Anwendung und Interpretation beherrscht, aber kaum die inneren Funktionsweisen versteht. Dazu gehören das Ultraschallgerät, das den Herzklappenfehler bildlich sichtbar macht, die Laborbestimmung des gesamten Blutbildes (des Hämogramms), die Computertomographie bei Krebsverdacht, die Bilderfassung der Netzhaut beim Augenarzt. Bei den Operationsverfahren sind heute schon selbstverständlich: die computerunterstützte, sogar -geführte Herzoperation, die Stent-Setzung in Blutgefäße, die minimalinvasive Endoskopie-Technik.

Diese Medizin-Technik ist das Ergebnis einer von Anfang an multidisziplinären Forschung und Entwicklung, die sich nicht wie die bisherige Technik aus disziplinären Erfindungen entwickelte. Hier müssen (mindestens) der Mediziner für Ziel und Anwendung, der Naturwissenschaftler für physikalische und chemische Grundlagen, der Ingenieur für Konstruktion und Elektrotechnik, der Informatiker für Soft- und Hardware integrativ zusammenarbeiten, sich gegenseitig präzise verstehen. Man denke an die Erprobungsphasen bis leistungsfähige, fehlerfreie, robuste Magnetresonanztomographen entstehen, Elektrokardiographen oder Kreislaufkontrollgeräte für den Operationssaal. Da ist kaum noch zu unterscheiden, wie weit der Arzt Physiker, der Ingenieur Arzt, der Informatiker Mediziner geworden sind. Daher ist es konsequent, wenn in Wissenschaft und Industrie ein vollständig selbständiges Berufsbild „Medizintechnik“ entsteht, das alle erforderlichen Wissenschaften integrativ einschließt. Für die Berufswahl Medizintechnik ist es somit weitgehend gleichgültig, ob die Anfangsinteressen eher zum Mediziner oder zum Physiker oder zum Ingenieur oder zum Informatiker neigen. In die Medizintechnik kann man also mit sehr unterschiedlichen Hauptinteressen kommen. Heute rekrutieren sich Medizintechniker noch aus den speziellen Disziplinen.

Die Zukunft der Medizintechnik wird noch viel multidisziplinärer sein [4]. Sichtbare Entwicklungen sind:

- miniaturisierte und robotergestützte Operationstechniken,
- Prothesen und Implantate (passiv oder bioaktiv), z.B. Augen-Chips,
- künstliche Organe aus biofunktionalen Materialien,
- zellbiologische Techniken, z.B. Gewebezüchtungen (Tissue-Engineering),

- biomedizinische und mechatronische Sensorik zur Überwachung von Krankheiten,
- regenerative Medizin für Ältere,
- bessere Methoden der multifaktorellen Dateninterpretation.

All dies wird in Zukunft noch mehr Antworten erfordern, wo zwischen Mensch und Apparat Grenzen zu ziehen sind, damit das Zutrauen in die Leistung von Technik sich nicht zum Vertrauen in sie steigert. Und auch Antworten auf ethische Fragen: Was darf Medizin tun? Auf ökonomische: Was ist noch bezahlbar? Hierzu werden noch weitere Disziplinen gebraucht. Technik wird damit noch komplexer.

Die Medizintechnik ist ein Beispiel für sich beschleunigt entwickelnde Zukunftstechniken. Die Medizin wird durch Technik radikal verändert. Sie gewinnt für Prävention, Diagnose, Therapie völlig neue Methoden. Die Technik für die Medizin ist eine ganz andere als die z.Z. noch in den klassischen Fächern gelehrt Technik. Hier verschwinden die bisherigen Fachgrenzen. Die dem Menschen dienende Funktion ist bei der Medizintechnik unmittelbar einsichtlich.

4.2 Bio-Technologie

Etwas pauschal erweiternd, werden hier unter Bio-Technologie auch diejenigen wissenschaftlichen Grundlagen eingeschlossen, auf denen Bio-Technik beruht, wie die Molekular- und Mikro-Biologie, die Genetik und die Zellbiologie. Technik und die sie erweiternden MINT-Disziplinen werden in der Entfaltung der Biowissenschaften integrierend zweifach herausgefordert: in der Forschung zur Gewinnung neuer Kenntnisse und in der Umsetzung dieser Ergebnisse in Verfahren und Produkte, von der Pharmaindustrie bis zu Biogasbauern.

Um zu erforschen, was in lebenden Zellen vorgeht, brauchen Biologen nicht nur Bio-Chemiker (u.a. für molekulare Reaktionen und für die Biosynthese) und Bio-Physiker (u.a. für energetische Abläufe), sondern auch Ingenieure: u. a. für bildgebende Apparaturen, die die in mikro- und nanometer-kleinen Dimensionen ablaufenden Zellprozesse sichtbar machen, z.B. Elektronen- oder Fluoreszenz-Mikroskope, oder auch für Techniken zur Analyse der stofflichen Zusammensetzung (z.B. Kernspinresonanz-Spektroskopie). Will man zellbiologisches Verhalten beschreiben, müssen Mathematik und Informatik helfen, Modelle für die Simulation von Lebensprozessen zu entwickeln. Wenn Genetik nicht nur die Sequenzen von Genomen entschlüsseln, sondern auch wissen will, wie und welche Gene, welche Proteine die Zellprozesse steuern, ist dies nur mit großem technischen Aufwand erreichbar.

Diese Bioforschung hat stark wachsende Anwendungsgebiete der Biotechnik ermöglicht [5]. Dazu gehören u.a.:

- die großtechnische Erzeugung von Pharmazeutika, Antibiotika und Medikamenten, z.B. mit Pilzen und Bakterien, von synthetischen Enzymen,
- die biochemische Verfahrenstechnik zur enzymatischen Umsetzung von Stoffen, z.B. Hydrolyse von Pflanzenmaterial,
- die Umwandlung von Biomasse in Biokraftstoffe wie Bioethanol, Biodiesel, Biomethan,
- die biologischen Reinigungsverfahren von Abwässern und kontaminierten Böden, u.a. auch Reinigung durch genveränderte Bakterien.

Wie in der Medizintechnik verschwinden hier die Fachgrenzen der beteiligten Naturwissenschaftler, Ingenieure (meist Verfahrenstechniker), Informatiker. Auch die Biotechnik ist eine von den Wissenschaften eingeforderte Technik, die ganz anders ist als die klassischen Lehrfächer einer Technischen Universität. Dies wird in Zukunft noch ausgeprägter sein, wenn Biotechniker z.B.

- Mikroalgen oder fototrope Mikroorganismen (auch genetisch veränderte) zur Energiegewinnung aus der Fotosynthese des Sonnenlichts nutzen,
- Bioethanol nicht mehr aus pflanzlichen Nahrungsmitteln, sondern aus Abfall-Biomasse wie Stroh und Restholz erzeugen,
- Elektrizität aus mikrobiologischen Brennstoffzellen gewinnen,
- vielleicht sogar in weiterer Zukunft Wasserstoff als Energieträger aus biologischen Prozessen erzeugen,
- Spurenelemente durch bakterielle Laugung (Bioleaching) gewinnen,
- organische Materialien, biofunktionale Werkstoffe entwickeln wollen.

Die Biotechnik ist längst schon eine eigene Technologie geworden, die sehr verschiedene Wissensgebiete integriert. Sie wird viel zu zukunftsreichen Techniken beitragen.

4.3 Weitere Wissenschaftstechniken

In 4.1 und 4.2 sind nur zwei der in den letzten Jahren entwickelten multidisziplinären Techniken ausführlicher dargelegt. Andere mit großem Zukunftspotential – z.T. näher an den eigentlichen Technikfeldern – sind:

Öko-Technologie

Es ist längst Konsens, Umwelt und Ressourcen in Verantwortung für kommende Generationen zu schonen. Das erfordert eine nahezu alle Lebensbereiche umfassende Technik, von der Ökologielandwirtschaft bis zum energieeffizienteren Bauen. Hierzu gehört alles, was dazu beiträgt, Energie weniger aus den begrenzt ver-

fügbaren fossilen Brennstoffen, sondern aus Wind, Sonne, Wasser und nachwachsenden Stoffen zu gewinnen, einschließlich der damit verbundenen Abkehr von Großkraftwerken.

Informationstechnik

Die Vernetzung der elektronischen Systeme, die rasante Entwicklung neuer Hard- und Software haben die Welt so sehr verändert, dass man von einer „digitalen Revolution“ [6] sprechen kann. Global sind alle gesellschaftlichen und kulturellen Bereiche betroffen, damit auch alle Berufsfelder, selbst die der Geisteswissenschaften.

Nano-Technik

Diese Techniken in molekularen und atomaren Dimensionen haben Anwendungen gefunden, die nicht nur multidisziplinär sind, sondern auch gesellschaftliche und ethische Implikationen haben. Sie umfassen u. a. molekulare Elektronik, nano-medizinische Produkte, neue organische und kohlenstoffbasierte Materialien, Quantencomputer [7]. Hier erobert Technik die kleinsten Dimensionen der physikalischen Welt und macht die Ergebnisse der Naturwissenschaften industriell nutzbar. Weil Nanoprodukte in dieser Form in der Natur nicht vorkommen, verlangt Verantwortungsethik, dass ihre Unbedenklichkeit geprüft wird.

Gen-Technik

Mit der Entwicklung leistungsfähiger Sequenzierautomaten (Apparatebau) und Analysemethoden (Informatik) ist die Entschlüsselung von Genomen der gesamten genetischen DNA-Sequenzen eines Lebewesens gelungen. Das menschliche Genom hat 3 Milliarden Basenpaare der Nukleinsäureabschnitte. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse machen die grüne (pflanzliche) und die rote (bei Mensch und Tier) Gentechnik möglich. Organismen gentechnisch verändern zu können, hat große Anwendungspotentiale: Impfstoffe, Hormone (wie Insulin), Interferone aus Zellkulturen gegen Krebs und Viren; Züchtung von Energiepflanzen, oder Pflanzen mit höheren Nährwerten, bessere Schädlingsresistenz bei Pflanzen; gentechnische Therapien von Krankheiten, auch aus nicht-embryonalen Stammzellen. Die synthetische Biologie, die bisher nichtexistente Organismen (vor allem wenigzellige) erzeugen will, steht z. Z. noch am Anfang. All das ist eine völlig andere Zukunftstechnik in den kleinsten Dimensionen der Biologie.

Gentechnik greift in die natürliche Evolution ein. Daher ist ihre Verantwortbarkeit bei ihrer Anwendung von großer Bedeutung. Und weil hier auch der Mensch in seinem Selbstverständnis getroffen wird, sind ethische Probleme unverzichtbare Anteile der Gentechnik.

Satelliten-Technik

In dieser Technik, die zwar nicht neu, doch sehr multidisziplinär ist, müssen voll integrativ zusammenarbeiten: Astronomen, Geo- und Astrophysiker, Informatiker und Mathematiker, Brennstoffchemiker, Raketentechniker, Aerodynamiker, Materialwissenschaftler, Physiologen und Psychologen (für die Astronauten) und viele andere mehr. Dies ist zugleich ein Beispiel für die zunehmende Komplexität von technisch-wissenschaftlichen Großprojekten.

Sensorik und Mechatronik

Die Technik der Signalaufnahme zur Steuerung, Regelung oder Diagnose hat mit wachsender Komplexität der miniaturisierten Sensoren schon heute weit gestreute Anwendungsfelder: nicht nur bei PKW und Roboter, sondern für ganze Industrieanlagen, bio-technologische Prozesse und Medizintechnik (z.B. Blutprobendiagnostik). Biosensoren nutzen bioaktive Rezeptoren, wie Enzyme und Mikroorganismen, die auf winzigste Stoffmengen oder externe Einflüsse reagieren. In der Mechatronik werden Sensoren mit Mikrorechnern zur Selbstregelung von Systemen gekoppelt. Bei „eingebetteten Systemen“ merkt der Nutzer nicht, dass Signale vom Mikrorechner zu Steuerungsprozessen verarbeitet werden, z.B. Blue Tooth Technik. In Zukunft werden Sensornetze und Mechatroniksysteme manche „intelligente Objekte“ [6] regeln (künstliche Organe, mobile Assistenzsysteme, intelligente Häuser).

5. Folgerungen für Berufswahl und Berufsweg

5.1 Entwicklungstrend

Die z.T. sehr detaillierte Darstellung der „Bindestrich-Techniken“ in Kap. 4 hat auch den Zweck, aufzuzeigen, wie neue Berufsfelder entstehen, die MINT-Kompetenz mit völlig anderen Wissensgebieten verflechten, wie also auch zukünftige, noch unbekannte Wissens- und Tätigkeitsgebiete sein werden. Wenn Technik in alle Lebensbereiche eindringt, dann gibt es auch die zugehörigen neuen Berufsfelder. Sie werden von den Ergebnissen der Wissenschaften geprägt. Die Mitarbeiter kommen aus vielen Disziplinen. Nach einigen Berufsjahren ist nicht mehr zu unterscheiden, ob jemand eigentlich Physiker oder Ingenieur oder Informatiker oder Biologe oder Mediziner oder gar Volkswirt oder Jurist war. Die zunächst noch den Namen gebenden Einzel-Disziplinen werden so stark verändert, dass sich aus einem multidisziplinären ein völlig eigenständiges Berufsfeld entwickelt. Damit wird auch die darin enthaltene Technik eine ganz andere sein als die heutige. Vielleicht wird kaum noch definierbar sein, ob dies noch Technik ist. Mit wachsender Bedeutung ist zu vermuten, dass anteilmäßig immer mehr Ingenieure hier und nicht in ihren klassischen Berufen tätig sein werden.

5.2 Warum tradierte Berufsbilder wenig für die Studienwahl taugen

Wenn Abiturienten Technikfächer in den Vorlesungsverzeichnissen suchen, lesen sie „Bauingenieurwesen, Maschinenbau, Elektrotechnik“. Das sind noch die Bezeichnungen der Urgroßväter-Generation. Die Fakultäten leiden darunter, suchen zutreffendere Namen: Bauingenieure seien doch eher Civilingenieure für die gesamte Infrastruktur, Umweltingenieure; Maschinenbauer eher System-, Produktions-, Verfahrenstechniker; Elektroingenieure eher Energieexperten, Mikroelektroniker, Informationstechniker, Mechatroniker. Dies ist nicht nur ein Bezeichnungsproblem. Fächernamen suggerieren Inhalte, Aufgaben, Tätigkeiten. Treffen sie nicht zu, verlieren nicht nur Studienanfänger Orientierungen, vgl. auch [8].

Studienanfänger reagieren sehr sensibel auf die stereotypen Berufsbilder: Bietet die Bauakultät einen Studiengang Umweltingenieur oder Wirtschaftsingenieur an, melden sich hierfür mehr Studierende als für das klassische Fach. Daher – und aus Profilierungssucht im UNI-Wettbewerb – haben viele Master-Studiengänge attraktive Namen – oft bei wenig geänderten Inhalten. Grundständige Studiengänge in den Bindestrich-Techniken des Kap. 4 gibt es so gut wie keine. Mit einiger Berechtigung kann man auch hierfür ein breites Grundwissen (also den klassischen Fächerkatalog) fordern. Doch damit verliert man wahrscheinlich gerade diejenigen, die multidisziplinäre Berufsfelder anstreben, auch als Abbrecher: Wozu „Schweißtechnik“, wenn ich doch Medizintechniker werden möchte? Selbstverständlich brauchen wir Ingenieure, die Brücken, Fabriken, Elektrizitätswerke bauen. Doch wenn in Zukunft ein immer größerer Anteil an Technik diejenige der multidisziplinären Berufe ist, müssen die Hochschulen – vielleicht sogar schon die Schulen – dies in ihren Bildungsangeboten und auch in den Fachdidaktiken widerspiegeln, selbst wenn Studium immer nur weitgehend auf Berufsfähigkeiten, nicht Berufsfertigkeiten zielen kann.

5.3 Was kann man Abiturienten raten?

Ein junger Mensch, der seine Lebenszeit sinnvoll einbringen will, müsste sich eigentlich – wenn schon nicht begeistern – so doch mit großem Interesse dafür engagieren, als Bioverfahrenstechniker Energie erzeugende Algen zu züchten oder bioaktive Implantate für versagende Körperfunktionen zu entwickeln. Was soll er studieren? Wenn es dafür (noch) keine Studiengänge gibt? Wenn er nicht weiß, ob er mehr zum Biologen oder Ingenieur oder Chemiker neigt? Wenn außerdem niemand weiß, welche Berufsfelder es in zehn Jahren geben wird? Vielleicht ist dies hilfreich:

- Studiere eines der Grundlagenfächer, die in der Multidisziplinarität enthalten sind. Es ist gleich, welches.
- Prüfe beim Übergang zum Masterstudiengang und erst recht bei einer Promotion, ob damit eine weitere Eingangskompetenz gewinnbar ist.

- Die wesentlichen Entscheidungen für das, was man tut, trifft man erst nach dem Studium. Da kann es inzwischen ganz andere Wahlmöglichkeiten geben.
- In den Bindestrich-Techniken braucht es einige Jahre im Team, um volle Kompetenz zu erreichen.
- Sei darauf vorbereitet, im Laufe des Berufslebens – allein wegen des technisch-wissenschaftlichen Fortschritts – vor mancher Verzweigung zu stehen, Neues zu wählen. Auch mit den Lebensjahren ändern sich Interessen, Kompetenzen, Chancen. (Selbst in meinem „klassischen“ Fach sagte ich meinen Doktoranden: „Wer mit 45 noch Statiker ist, ist doch eigentlich gescheitert“).

Zwei von fünf Abiturienten wissen nicht, was sie studieren sollen [9]. Dies kann an Mehrfachinteressen liegen. Eher doch an der Überforderung, sich für einen der rd. 15.000 Studienangebote der deutschen Hochschulen zu entscheiden [9]. Wahrscheinlich auch, weil die Berufsbilder noch zu sehr vom tradierten Stereotypus sind, s. 5.2. Was kann man diesen Abiturienten raten? Hier helfen vielleicht völlig andere Auswahlkriterien, die sich nicht auf die Objekte der Berufe, sondern auf die individuellen Fähigkeiten beziehen. Etwas überzeichnet: Was will man tun?

- Mit Menschen umgehen, weil man eher extrovertiert ist,
- vorm Computer sitzen, weil man eher introvertiert ist,
- Sichtbares (Artefakte) in die Welt bringen,
- sich im Kosmos der Bibliotheken verlieren,
- Menschen helfen, sie gesund machen,
- organisieren und managen,
- eher Diffiziles, Neues ausknobeln,
- die Umwelt retten,
- anderen erklären, wie die Welt ist,
- Generalist sein, den das Ganze, nicht das Detail interessiert,
- Geld erwerben, Bilanzen lesen,
- oder manches andere.

Wählt man hiernach, ist es eigentlich egal, wie der Beruf heißt. Und bietet er sogar Mehreres an, auch zum Wechseln beim Aufstieg auf der Karriereleiter, ist es umso besser. Die multidisziplinären Bindestrich-Techniken der Zukunft sind schon von ihrer inneren Struktur her von großer Vielfalt des individuellen Tuns.

Literatur

- [1] acatech DISKUTIERT „Internet der Dienste“, Springer Verlag, Berlin - Heidelberg 2011
- [2] Kodalle K.-M. & H. Rosa (2008): „Rasender Stillstand – Beschleunigung des Wirklichkeitswandels: Konsequenzen und Grenzen“, Kritisches Jahrbuch der Philosophie, Band 12, Königshausen u. Neumann . Hierin: H. Duddeck: „Welche Technik sollen wir wollen?“ S. 213
- [3] Akademie Journal, Magazin der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften, 1/2004: Themenschwerpunkt, Technik im 21. Jahrhundert
- [4] acatech DISKUTIERT „Hot topics der Medizintechnik“, Fraunhofer IRB Verlag 2008
- [5] acatech DISKUTIERT „Biotechnologische Energieumwandlung“, Springer Verlag, Berlin – Heidelberg 2009.
- [6] acatech BEZIEHT POSITION-Nr. 5: „Intelligente Objekte – klein, vernetzt, sensitiv“, Springer Verlag, Berlin – Heidelberg 2009
- [7] acatech BEZIEHT POSITION-Nr. 8: „Nanoelektronik als künftige Schlüssel technologie der Informations- und Kommunikationstechnik in Deutschland“, Springer Verlag, Berlin – Heidelberg 2011
- [8] Pfenning, K. u. O. Renn (2009): Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften. acatech u. VDI.
- [9] Florian Vollmers: „Die Qual der Studienfachwahl“, in Frankfurter Sonntagszeitung vom 7.8.2011